



**A mikroklíma és a növényzet hatása réti talaj
redoxviszonyainak és kémhatásának térbeli mintázatára és
időbeli dinamikájára**

Tudományos Diákköri Dolgozat

Készítette:

HORVÁTH-SZABÓ KATA

Környezettudomány szakos hallgató

Témavezető:

Szalai Zoltán

Adjunktus

Budapest

2009

Tartalomjegyzék

1. Bevezetés	3
2. A terület és a mérések bemutatása	6
2.1. Ceglédbercel és környéke	6
2.2. A mocsárrét	6
2.3. A mintavételi pontok kijelölése	8
a) A talajvíz-mintavételi kutak kijelölése	8
b) A mikroklíma-állomások kijelölése	9
2.4. A mérések és a használt módszerek, eszközök	9
a) Eh, pH, T mérése és a talajvíz-mintavétel	9
b) A labor	10
c) A mikroklíma-állomás	11
d) Statisztikai elemzések	11
3. Eredmények és magyarázatuk	11
3.1. Átlagok és szórások	11
3.2. Normalitásvizsgálat	13
3.3. Korrelációk	14
3.4. A pH és Eh kapcsolata	17
3.5. Az Fe és az Eh kapcsolata	17
3.6. Hasonló foltok kimutatása korreláció-vizsgálattal	18
4. Összefoglalás, hibalehetőségek, további tervek	19
4.1. Összefoglalás	19
4.2. Hibalehetőségek	20
5. Köszönetnyilvánítás	21
6. Felhasznált irodalom	21

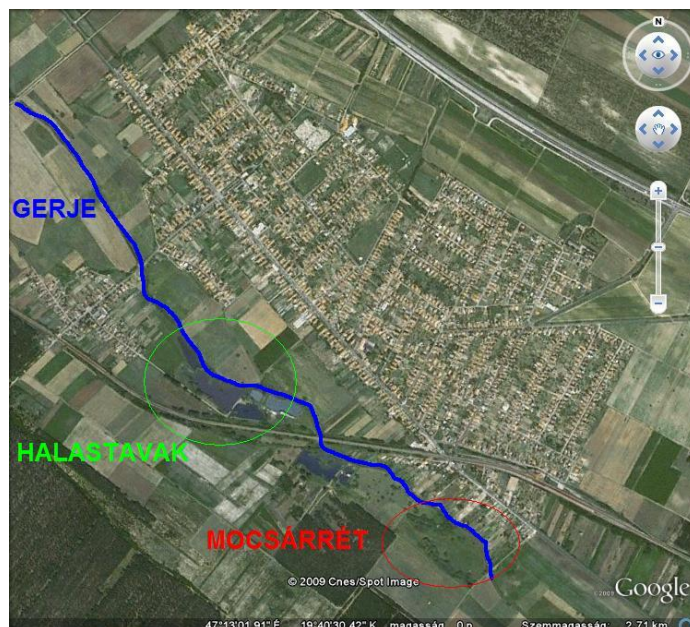
1. Bevezetés

Egyre nagyobb az igény a folyamatok valós környezetben való lejátszódásának megismerésére, mivel egyre több az olyan tapasztalat, hogy a laboratóriumban pontosan meghatározott összefüggések esetenként teljesen használhatatlanok lehetnek egy valós rendszerben. Jó példa erre a talaj és annak jellemzői, hiszen a talaj a négy nagy földi szféra (geoszféra, atmoszféra, hidroszféra, bioszféra) közös megnyilvánulási helye létrejöttében, működésében pedig szinte egyenrangúan fontos mindegyik összetevő. Ugyanakkor a pedoszféra az emberi lét egyik létfontosságú közege is, hiszen a rajta növő növényzet nem csak a mi, hanem az általunk tartott állatok élelemforrása is. Működését megismerni tehát igen fontos.

Napjainkban a talajok megismerése és mezőgazdasági célú kutatások mellett megjelentek új problémák, környezettudományi, környezetvédelmi szempontok. Egyre gyakrabban előkerülő feladat a talajrehabilitáció, vagyis egy adott terület megtisztítása a legkülönbözőbb kémiai, (mikro)biológiai szennyeződésektől, a terület visszaállítása lehetőleg eredeti vagy legalább működő állapotra. Ehhez az adott talaj és terület sajátosságainak beható ismerete szükséges. Más kutatások a szélsőséesebb tulajdonságokkal rendelkező, mezőgazdasági célokra nem, de más szempontból hasznosítható talajok, életterek vizsgálatát célozzák. Ilyenek különleges élőhelyek például a mocsarak, mocsárrétek, amelyek mesterséges másolatai világszerte egyre elterjedtebbek a kommunális szennyvíz kezelésében. Ezek a területek manapság különösen nagy figyelmet élveznek, hiszen vizes területek, wetland-ek lévén a klímaváltozás-szárazodás miatt veszélyeztetettek, gazdag élőviláguk eltűnhet.

Ebben a dolgozatban is egy természetes eredetű mocsaras rét a vizsgálat tárgya. Az ELTE-TTK Környezet- és Tájföldrajzi Tanszéke 2008 óta tart komplex környezeti állapot-felmérési terepgyakorlatokat Ceglédbercel környezetében. A terület valóban érdeklődésre tarthat számot, hiszen a közelben folyó Gerje-patak vize az albertirsai szennyvízkezelő 2008-as korszerűsítéséig meglehetősen szennyezett volt. Ez közvetlenül (esztétikai szempontból) és közvetve (a patak felület alatti összeköttetésben lévő népszerű halastavak révén) is érintette a lakosságot. Szerencsére a korszerűsítés megoldotta a problémát, és a patak vize a 2009 nyarán végzett vizsgálatok szerint kiváló minőségű lett. A terepgyakorlatok helyszínei tehát elsősorban a Gerje, és a Gerjéhez köthető egyéb vizes élőhelyek: a halastavak és a mocsárrét. *(1. ábra)* A

hallgatók betekintést nyerhettek a terepi mérési módszerek mikéntjébe, és egy komplex kutatás részesei lehettek. 3-4 fős csoportok alakultak, amelyek naponta váltották egymást az egyes helyszíneken. A szállásul szolgáló régi óvodaépületben létesült egy laborállomás is, így a legfontosabb analitikai méréseket azonnal el lehetett végezni, amely szintén hasznos tapasztalat volt a hallgatók számára.



1. ábra: Ceglédbercel és a terepgyakorlatok helyszínei
(Forrás: Google Earth)

A mocsaras, vízzel telített talajok közös jellemzője, hogy az oxigén sokkal lassabban terjed bennük, diffúziója lelassul. Amikor mmol/l nagyságrendűvé válik koncentrációja, már nem hasznosítható az aerob légzés számára, helyét a denitrifikáció veszi át a sorban. Évszaktól, sőt napszaktól függően változhat a talajvíz szintje, ezért a redoxviszonyok is nagyon változékonyak. A felső rétegekben fakultatív anaerob, míg mélyebben obligát anaerob szervezetek a jellemzőek. Ezek (az Eh-csökkenés sorrendjében) nitrátot, Mn(III) és Mn(IV)-oxidokat, Fe(III)-vegyületeket, szulfátot, végül CO₂-t használnak elektronakceptorként az oxigén helyett. Az oxigénhiányos talaj redoxpotenciálja a kémhatás függvényében 400 mV-tól akár -300 mV-ig terjedhet. Annál negatívabb, minél stabilabb a vízzel borítottság. (FILEP GY. – FÜLEKY GY., 1999) Látható tehát, hogy ezekben a rendszerekben a légköri oxigén alig jut be a talajba, a levegőztetést tehát szinte teljes egészében a növényzet gyökerének kell biztosítania.

Összefüggés van a talajoldat Eh-ja és kémhatása között is: pH-csökkenéskor egységenként kb. 55-65 mV-tal nő a redoxpotenciál.

A 2008-as terepgyakorlat eredményei szerint a Mocsárréten 50 és -200 között változik a redoxpotenciál. Ebben a tartományban a $\text{Fe}^{3+} \rightarrow \text{Fe}^{2+}$ (Pseudomonas), a $\text{NO}_3^- \rightarrow \text{NH}_3$ (Acromobacter), illetve a $\text{SO}_4^{2-} \rightarrow \text{H}_2\text{S}$ (Desulfovibrio) redoxrendszerek dominálnak a szakirodalom szerint. (FILEP GY. – FÜLEKY GY., 1999) Mivel a talaj meglehetősen nagy vastartalmú, a könnyű hozzáférhetőség miatt lehetséges, hogy negatívabb Eh-szinteken is hasznosul, mint a „számára előírt” tartomány.

Jelen dolgozat témája a 2009. június 29 – július 4-ig tartó nyári terepgyakorlaton végzett, Mocsárréthez köthető mérések eredményeinek vizsgálata, elemzése. A mérések egy részénél közreműködtem én is, a többi adatot pedig a Tanszék bocsátotta rendelkezésemre. A kutatás célja az volt, hogy felderítse, és igazolja a kapcsolatot, amely a talajjellemzők változása és a növényzet között fennáll, azaz hogy eltérő növényzeti foltoknál eltérő napi dinamikát figyelhetünk meg a talajt jellemző legfontosabb mennyiségeknél, úgymint redoxpotenciál (Eh), kémhatás (pH) és a hőmérséklet. Mivel analitikai elemzésre is sor került (a talajvízből vett mintából), a talajvíz fontosabb elemei, vegyületei mennyiségének napi változását is meg lehetett figyelni.

A miénkhez hasonló kutatások igazolták, hogy a növényzet minősége erőteljesen befolyásolja a talajjellemzők alakulását. DUŠEK, J. et al. (2008) egy nádassal beültetett növénytelepes szennyvízkezelő medence redoxpotenciáljának napi dinamikáját vizsgálták (többek között). Azt találták, hogy nappal, a fotoszintetikusan aktív időszakban jelentősen lecsökkent a redoxpotenciál értéke (esetenként a -400 mV-ot is megközelítve), éjszaka pedig megnőtt, holott a fotoszintézis és ezzel együtt a gyökér levegőztető hatásának intenzívebbé válása miatt pont ellenkezőleg kellene történnie. Kiderült, hogy a nád nem csak oxigént, illetve egyéb gázokat, hanem a lebontó mikrobiális szervezetek számára könnyen hasznosítható szerves vegyületeket is kibocsátott a gyökérzet körüli zónába (rhizoszféra). A többlet oxigén tehát ezen vegyületek bontására fordítódott, a megnövekedett mikrobiális aktivitás pedig leszorította a redoxpotenciál értékét. Más kutatók (WIESSNER, A. et al. 2005) laboratóriumi körülmények között vizsgálták a fotoszintézis hatását a talajra. Békaszittyóval (*Juncus effusus*) beültetett edénybe vezettek szerves szennyezőket tartalmazó vizet és mérték a kifolyó víz szervesanyag-, valamint oxigéntartalmát és a redoxpotenciált, kémhatást, stb. Mivel a növény által termelt oxigén a földfelszín feletti biomasszával (azaz a levélzetten felvett gáz mennyiségével) arányos. Számításaik szerint

a gyökérzetten keresztül több oxigénnek kellett lejutnia, mint amennyi a szerves szennyezők lebontásához szükséges volt, ám a mérések nem mutattak oxigén-többletet a kifolyó vízben. Kiderült, hogy a rhizoszférába nem annyi oxigén jut el, amennyi eljuthat, hanem csupán annyi, amennyire a lebontó mikroorganizmusoknak szükségük van. Ennélfogva az Eh sem nőtt meg jelentős mértékben, többnyire a negatív tartományban maradt.

Az imént bemutatott kutatások és eredmények hatására szeretném bemutatni először a területet, és a terepen használt módszereket, majd az eredmények ismeretében felismerni a Mocsárrét működési sajátosságait, a „papírformától” való esetleges eltéréseket, illetve magyarázatot adni ezek okaira.

2. A terület és a mérések bemutatása

2.1. Ceglédbercel és környéke

Ceglédbercel Budapesttől délkeletre kb. 60 km-re a 40-es főút mentén fekszik, Albertirsa és Cegléd között. Tőle északra halad el a 4-es főút is, valamint a település rajta van a Budapest-Cegléd-Szolnok vasútvonalon. Lakossága 2009. január 1-jén 4440 fő volt (*forrás: KSH*), tehát viszonylag nagy községnek mondható.

Tájföldrajzi elhelyezkedése szerint az Alföld nagytáj Duna-Tisza közti sík vidékének északi részén található a település. Ez a terület a Duna hordalékából keletkezett, szél által szállított és osztályozott finom homok – homokos lösz – lösz frakciójú (0,1-0,2 mm) anyagból épül fel. Ahol a talajvíz közel van a felszínhez, réti talajok, láptalajok, illetve a délebbi, kiskunsági területen szikesek a jellemzőek. (STEFANOVITS P. 1999.)

Ceglédbercel közelében folyik a Gerje-patak, amely mai formáját több mocsaras terület és árok összekötésével a 19. században érte el. Pilis község határában ered, és a Tisza vízgyűjtőjéhez tartozik. Több halastavat rekesztettek el belőle, például Ceglédbercelen is. Környezeti szempontból a Gerje és a hozzá tartozó vizes élőhelyek a Natura2000 hálózat Különleges Természetmegőrzési Terület (SCI) besorolását kapták a forrástól egészen Ceglédig (*forrás: KVV M Természetvédelmi Információs Rendszer*).

2.2. A mocsárrét

A Mocsárrét tehát a Gerje déli oldala mentén található mélyebb fekvésű vizenyős terület. Két sűrűbb növényzeti folt (nádas) és a körülötte mátrixot alkotó kaszált sásos

nedves rét alkotja. Déli és nyugati oldalát szántók és egy ültetett erdő határolja, keletre pedig egy megmagasított út, illetve a Gerjén átmenő hidacska.

A nedves réten végzett talajszelvény-vizsgálatok szerint a területre a típusos réti talaj a jellemző. Az alapkőzet a már említett homokos üledék. Az elkülöníthető talajszintek száma a talajvízmélység függvényében változott. Az egész területre jellemző a különlegesen magas vastartalom, amely a talajvízszint ingadozásának sávjában szürkés-kék, glejes kiválásokat eredményezett (2. ábra). Ezt lényegében a vas redukált formája (Fe^{2+}) okozza. Ebben a szürkés-kék sávban a növények gyökérzete körül vöröses foltok, csíkok láthatók, amely a gyökerek oxidáló hatásának ékes bizonyítéka, hiszen a foltokat a vas másik, oxidált formája (Fe^{3+}) miatt láthatjuk. Röntgenfluoreszcencia-mérések igazolták a magas vastartalmat a mocsárrét talajából vett mintákban, amely esetenként eléri a 20-30 %-ot is. Az egyik talajszelvény ásásakor a talajvíz szintjét nem is sikerült elérni, mert egy teljesen megkövesedett vaskőpadszerű gyepvasérc tette lehetetlenné a további mélyítést. (3. ábra) A rétegből vett minta vastartalma megközelítőleg 14 % volt.



2. ábra: Redukált és oxidált állapotú vas megjelenése a Mocsárrét talajában (helyszínen készült fotó)



3. ábra: A gyepvasérből származó mintadarab (helyszínen készült fotó)

2.3. A mérési pontok kiválasztása

a) A talajvíz-mintavételi kutak kijelölése

A mérési pontok két transzekt mentén lettek felvéve, amelyek a szárazabb mező felől a mocsár belsejébe haladnak. A talajvíz szintjének magassága és ennek következtében a növényzet változása fontos a transztek mentén. A növényzet minősége (fajösszetétele) a gyökérzetten keresztül meghatározza a talaj levegőzését és a talajoldat összetételét, míg a felszínen módosítja a mikroklimatikus viszonyokat. Egy-egy transzekt mentén tehát nem csak a talajvízszint magassága változik, hanem a felszíni hőmérséklet, a (lágyszárú szint felszínén mért) besugárzás mértéke, illetve a szél erőssége, iránya is. Ezek mind hatással vannak a talajvíz redoxviszonyaira, kémhatására, illetve hőmérsékletére. A 2009-es gyakorlat során összesen nyolc fúrás mélyült. Hét a már említett két transzekt mentén, a nyolcadik pedig kissé távolabb, a nyílt mezőn került felvételre. (4. ábra) A pontokat a gyakorlat más helyszínein felvett pontoktól elkülönítendő **MX** kódszámmal jelöltük. Sajnos az M4-es pontot talajvíz-mintavételre nem tudtuk használni, mert a kifűrt lyuk állandóan betemetődött. A számozásban mindazonáltal benne maradt, és a furatból talajmintát is sikerült venni. A pontok körüli növényzet az alábbiak szerint változott:

Első transzekt – M1: nem kaszált sásos; M2: nádas; M3: nádas

Második transzekt – M4: csalános-sásos; M5: nádas; M6: árnyékolt nádas; M7: árnyékolt nádas

Kontroll pont – M8: kaszálórét

Az M3, M6 és M7 pontok esetében talajvízszint-mélységről nem beszélhetünk, mivel ezek a pontok a mocsár belsejében voltak, már a nyílt vizes területen. Kis fúrásra azért itt is sor került, hogy ne a víz felszínének állapotát rögzítsük, illetve hogy egy esetleges hirtelen szárazság se okozzon gondot. A többi pont esetében a talajvízszint a felszínhez képest a következő mélységekben volt:

M1 – 38 cm; M2 – 16 cm; M5 – 22 cm; M8 – 47 cm

A vízszinteket egyszer, 2009. június 30-án az esti órákban mértük. Értékük csupán tájékoztató jellegű, számításokban nem szerepelnek, csak az összehasonlítást szolgálják.

b) A mikroklíma-állomások kijelölése

A mikroklíma-mérések nem csak a jelen dolgozatban elemzett talajvíz-állapotok változásainak alátámasztására készültek, hanem kissé tágabb körben, ezért a felállításra került öt állomás közül csak kettő eredményeit használtuk. A kettő közül az egyik az M8-as pont közelében, „szélsőségesen nyílt”, pusztai viszonyokat (Ny), míg a másik a mocsár belsejében (az M6-os pont közelében) árnyékolt, szélről védett, páradús környezetet volt hivatva rögzíteni (M). Az elemzések során az előbbi állomás adatait a valóban nyílt területen levő M1-es és M8-as pont értékeivel, míg a mocsári állomás értékeit a belső területeken levő többi pont adataival vetettük össze. (4. ábra)



4. ábra: A mérési pontok
(Piros pont – fúrások; sárga négyzet – mikroklíma-állomások; sötétzöld – mocsári növényzet;
világoszöld – nedves rét; barna – lucernás kaszáló)
(Google Earth műholdkép alapján)

2.4. A mérések és a használt módszerek, eszközök

a) Eh, pH, T mérése és a talajvíz-mintavétel

A 2009-es gyakorlat öt napjából hármon: június 30-án, július 1-jén és július 3-án folytak mérések a Mocsárrét területén. Én június 30-án vettem részt a terepi munkában. Minden nap reggel 7-től este 7-ig óránként történt mérés minden egyes pontban. Ez napi 13 adatot jelentene, ám ezt sajnos egyik nap sem sikerült abszolválni csúszások, illetve az

időjárási viszonyok miatt. A mérések technikailag úgy lettek megoldva, hogy 2 db Testo 230-as berendezést (az egyik pH-mérőként, a másik Eh-mérőként funkcionált) bocsátottunk az előző nap kifűrt kutakba, amíg az elektródok el nem érték a talajvizet. Kis várakozást követően stabilizálódtak a kijelzőn látható értékek, ezek kerültek lejegyzésre. A pH-mérővel a víz hőmérsékletét is mértük egyúttal. A mérés pontos idejét is feljegyeztük, ám az egyszerűség kedvéért az egy sorozatba tartozó méréseket egy kerek órához soroltam az elemzéskor (mivel egyébként is óránként kellett megismételni a méréseket). Az elektródok desztillált vízben való lemosása után jött a következő kút és így tovább, mindig a számozás sorrendjében. A felkeveredés miatt azokban az órákban, amikor mintavételre is sor került, a mintavétel után történtek a mérések.

A mintavételek a terv szerint minden nap reggel 7-től három óránként követték egymást, azaz 7, 10, 13, 16 és 19 órakor. Ez napi 5 mintát jelent minden kútból. Sajnos itt is voltak csúszások, kimaradások, így csak június 30-án sikerült mind az 5 mintát megvételezni. Ejjelkamp típusú golyós talajvíz-mintavevővel dolgoztunk, amelynek előnye, hogy könnyen kezelhető és tisztítható, hátránya pedig az, hogy rosszul zár. Ezért 1 m-nél nagyobb mélységbe leeresztve már nem lett volna használható. A mintavevővel kivett víz lezárható műanyag csőbe került. Ez mintavételenként kb. 100 cm³-nyi vizet/szuszpenziót jelent. Egy sorozatnyi minta vétele után a csapat egyik tagja azonnal elszállította a mintákat a laborállomásra, így folyamatos lehetett a munka ott is, és a minták állaga sem romlott túlságosan.

b) A labor

A laborban a vízminták analitikai elemzése történt Merck SQ118 VIS fotométerrel. A fotometriás méréshez elemspecifikus vegyszerkészletek segítségével készítettük elő a mintákat. A tervek szerint Fe, Mn és NH₃ napi dinamikáját követtük volna figyelemmel, mert ezek a területen legvalószínűbben előforduló redoxrendszerek elemei. Ám sajnos a Mn-minták sorozatosan zavarosak lettek az előkészítés után, amely megbízhatatlanná tette a spektrofotométeres mérést. Az ammónia mérése pedig rendszerint méréshatár alatti, vagy értékelhetetlenül kicsi eredményeket hozott. Valószínűleg nagymértékben elillant a talajvízből a mintavétel során. Értékelhető eredményt csak a vaskimutatás adott.

c) A mikroklíma-állomás

A mikroklíma-mérő állomások célzatosan ugyanazokon a napokon voltak felállítva, mint amely napokon a mocsárréti mérések zajlottak, azaz június 30-án, július 1-jén és 3-án. Egy állomás hatféle klimatikus paraméter mérésére volt alkalmas: *talajhőmérséklet* (-5 cm-en); *felszíni hőmérséklet* (+5 cm-en); *léghőmérséklet* (100 cm-en); *párolgás* (evaporiméterrel); *szélút* és *fotoszintetikusan aktív napsugárzás (PAR)* (400-700 nm hullámhossz). A felállított állomásoknál óránként olvasták le a hőmérők és egyéb műszerek állásait a hallgatók. Sajnos az adatok itt is többször hiányosak, mert eső esetén a műszerek védelmében szét kellett szedni az állomást, vagy egy részét, ami egy-egy érintett paraméter esetében 2 órás kiesést is okozhatott. Tipikusan ilyen műszerek a szélútmérő és a napsugárzásmérő.

d) Statisztikai elemzések

A megkapott nyers adatokat először normalitásvizsgálatnak vetettem alá a Shapiro-Wilk teszt egy internetes verziójának segítségével. Ez azért fontos, mert más elemzési módszerekre van lehetőség, ha normális egy adatsor eloszlása, illetve ha nem. Az adatokat minden esetben először pontonként és naponként külön, majd a napokat összesítve együtt is vizsgáltam. Ez azért jó, mert a naponként külön vizsgált adatsorok statisztikai szempontból meglehetősen kis számú (maximálisan 12) adatot tartalmaznak, a három nap együtt elemezve viszont már sokkal jobban értékelhető eredményt hozhat.

A talajjellemzők és a mikroklíma-elemek közötti kapcsolatok felderítéséhez korrelációs vizsgálatokat végeztem az SPSS 10.0 program segítségével. Ismét igaz, hogy a kutak értékeit először naponként külön, majd együtt vizsgáltam. A tesztelések során a Pearson korrelációs együttható bizonyult a legjobbnak a kapcsolatok kimutatása terén, így a továbbiakban ezt használtam.

3. Eredmények és magyarázatuk

3.1. Átlagok és szórások

A változók átlagai és szórásai a legelemibb statisztikai paraméterek, és sok esetben már ezekből is fontos információk szűrhetők le. Ezért érdemes ezek áttekintésével kezdeni az adatok elemzését. A táblázatok az egyes pontoknál mért értékek átlagait és szórásait mutatják be külön minden napon és összesítve.

	Eh1		Eh2		Eh3		Eh5		Eh6		Eh7		Eh8	
	átlag	szórás	átlag	szórás	átlag	szórás	átlag	szórás	átlag	szórás	átlag	szórás	átlag	szórás
június 30.	25,75	13,27	-64,75	26,77	-112,50	14,37	-4,17	11,76	-116,75	24,05	-130,50	8,60	-8,50	5,44
július 1.	17,18	11,29	-45,27	18,08	-102,27	15,88	-16,45	11,89	-99,00	10,42	-125,27	11,42	-10,91	11,34
július 3.	-15,90	15,18	-118,90	28,99	-153,60	17,90	-37,40	15,96	-146,90	37,74	-155,30	15,73	7,70	9,21
együtt	10,27	22,03	-74,67	39,12	-121,55	26,82	-18,33	18,80	-119,97	31,86	-136,27	17,41	-4,39	11,87

1. táblázat: Az Eh-értékek szórásai és átlagai

Az alacsonyabb Eh értékek, ahogy arról már volt szó, az egyre kevésbé „átlevegőzött”, egyre hosszabb ideig víz alatt levő területeket jelölik. Az átlagok kb. 26 és -155 között változnak, ezért biztos, hogy anaerob környezetről van szó (1. táblázat). Az M3-as, M6-os és M7-es pont a legnegatívabb Eh-jú. Ezek pontosan azok a pontok, ahol a talajt nyílt víz borította. Tehát igazak a bevezetőben leírtak, hogy hiába a levegővel való közvetlen érintkezés, az oxigén oldódása és diffúziója nagyon rossz. Ehhez hozzájárul az is, hogy a felszíni víz nyári nappalokon általában jobban felmelegszik, mint a felszín alatti, amely szintén csökkenti a gázok oldhatóságát. A vízhőmérsékletek (2. táblázat) azonban csak részben követik azt a megoszlást, mint a redoxpotenciál-értékek, tehát a hőmérséklet nem egyedül felelős a redoxpotenciál szintjéért. Már csak azért sem, mert ha megnézzük az

	T1		T2		T3		T5		T6		T7		T8	
	átlag	szórás	átlag	szórás	átlag	szórás	átlag	szórás	átlag	szórás	átlag	szórás	átlag	szórás
június 30.	15,72	0,37	17,23	0,56	19,88	2,32	14,74	1,03	16,70	1,19	18,71	1,58	17,01	0,56
július 1.	15,99	0,34	17,55	0,21	22,25	4,00	14,34	0,37	17,75	1,42	19,68	2,05	16,77	0,27
július 3.	15,96	0,82	17,63	0,25	19,85	0,87	13,96	0,51	17,62	0,98	19,32	0,53	16,79	0,53
együtt	15,88	0,54	17,45	0,41	20,66	2,89	14,37	0,77	17,33	1,27	19,22	1,56	16,86	0,47

2. táblázat: A vízhőmérsékletek szórásai és átlagai

egymás utáni napok Eh-értékeinek átlagát, láthatjuk, hogy igencsak különbözőek voltak, ami nem jellemző a hőmérsékletekre. Július 3. volt a mélypont. Az M1-es és M5-ös pont redoxpotenciálja folyamatosan csökkenő tendenciát mutat, míg a többi esetben július 1-jén volt a legmagasabb az Eh átlagosan. Ez utóbbiak tökéletes ellentettjét képezi az M8-as pont, amely július 1-jén érte el legkisebb értékeit, július 3-án pedig a legmagasabbakat. A szórások áttekintésekor észrevehető, hogy minél negatívabb az Eh-átlag, annál nagyobb a szórás egy adott pontban (az egész táblázatban ez már nem igaz!).

A hőmérséklet-értékek esetében értelemszerűen a nyílt vizű pontok lesznek a legmelegebbek, ám ezt jelentősen befolyásolja az árnyékoltság, amely a mocsári pontokra jellemző volt. Így lehetséges, hogy az M2-es és M8-as pontok hőmérsékletei esetenként meghaladják az M6-os pontét. A talajvízszint mélységének hatása másodlagos, többet számít az egész napos melegítés (pl. M8-as pont esetében).

	pH1		pH2		pH3		pH5		pH6		pH7		pH8	
	átlag	szórás	átlag	szórás	átlag	szórás	átlag	szórás	átlag	szórás	átlag	szórás	átlag	szórás
június 30.	6,98	0,15	7,38	0,64	7,14	0,09	7,27	0,18	7,20	0,05	7,13	0,06	6,84	0,13
július 1.	6,95	0,26	6,99	0,06	7,13	0,12	7,16	0,30	7,11	0,26	7,02	0,06	6,68	0,06
július 3.	6,98	0,25	6,91	0,09	6,97	0,12	7,24	0,41	7,17	0,40	7,02	0,15	6,99	0,16
együtt	6,97	0,22	7,11	0,44	7,09	0,13	7,23	0,30	7,16	0,26	7,06	0,11	6,83	0,18

3. táblázat: A pH-értékek szórásai és átlagai

A pH a területen nagyrészt a semleges tartományban van, azaz 6,8 és 7,2 között mozog. Az M2-es és M5-ös pontok értékei némileg magasabbak, átcsúsznak a lúgos tartományba. Különlegesnek mondhatók az M2-es pontnál az első napon mért magas értékek (8,35 és 9,08 fordult elő), amelyek erősen lúgos kémhatást jeleznek. [1. melléklet] Látható, hogy a többi napon alig lépték túl a 7-es pH-t az itt mért adatok. A pH-megugrással párhuzamosan hirtelen mintegy 1 °C-t nőtt a talajvíz-hőmérséklet is az előző órához képest, és a redoxpotenciál is két kiemelkedő (kevésbé negatív) értéket mutatott. A jelenség oka lehet a hirtelen megnövekvő növényi anyagcsere (11 és 12 óra között történt), melynek során oxigént, és más, lúgosító vegyületeket juttathatott a talajba. Az M2-es és M5-ös pont is a nádas övezetbe tartoznak, így a lehetőség valóban fennáll, a nádnak meglehetősen aktív a gyökérzeti anyagcseréje. Természetesen szükség volna az elmélet korrekt igazolására.

3.2. Normalitásvizsgálat

Dušek, J. et al. (2008) vizsgálták a redoxpotenciál-adatok normalitását a Shapiro-Wilk teszt segítségével. Eredményül azt kapták, hogy az adatsokaság eloszlása nem normális. A teszt egy internetes verzióját felhasználva elvégeztem ugyanezt a saját Eh-értékeinken, és kiderült, hogy a 3 nap összesen 21 adatsora közül mindössze négy *nem* mutat normális eloszlást. (4. táblázat) A négyből három az első napra, június 30-ra esik. A „nem normális” adatsorok sajátossága, hogy a reggeli órákban igen gyorsan változik (nő, vagy csökken) az Eh értéke, majd a nap folyamán később lelassul ez a változás, a későbbiekhez képest „szélsőséges” értékek tehát az első, vagy első két órában jelentkeznek. Ezeket hipotetikusan eltávolítva az adatsorok normálissá „váltak”. A jelenség oka az lehet, hogy a kora reggeli órákban mért kiugró értékek még az éjszakai, vagy éppen a nagyon intenzív reggeli átrendeződés állapotát tükrözik. Ez megmagyarázza azt is, hogy miért az eltérés a cseh kutatók tapasztalataitól: ők ugyanis automatizált rendszerrel, napi 24 órában végeztek méréseket.

A továbbiakban összesítettem a három nap eredményeit, és így vizsgáltam az adatsorok normalitását az egyes pontokban. Azt vártam, hogy a több adat „semlegesíti” a kiugró

	Eh1	Eh2	Eh3	Eh5	Eh6	Eh7	Eh8
június 30.	×	+	×	+	×	+	+
július 1.	×	+	+	+	+	+	+
július 3.	+	+	+	+	+	+	+
együtt	+	×	×	+	×	+	+

4. táblázat: A normalitásvizsgálat eredménye

értékek hatását, és egy csapásra normálissá változik az adatsor. Ez meg is valósult az 1-es pont esetében, ám nem így a 2-es, 3-as és 6-os pont esetében. A 2-es pont különösen érdekes, hiszen úgy lett negatív a teszt, hogy a napok egyenként mind pozitív választ adtak. Ezért azt gondolom, az Eh eloszlása nem tekinthető biztonsággal normálisnak, hiába a sok pozitív eredmény. Ezeket valószínűleg a kisszámú adat miatt kaptuk, amelyek nagyon könnyen mutathatnak normális eloszlást.

3.3. Korrelációk

A korreláció során a program a kiválasztott paraméterek szerint adatsorozat-párok kapcsolatát vizsgálja. Az adatsorok pontjait párba állítja, és megpróbál a kapott pontokra egyenest (illetve más függvényt) illeszteni. Az illesztés „jóságát” mutatja a korrelációs együttható (-1 és 1 közötti szám), illetve az adatok szórása. Magas együttható és kis szórás esetén nevezhető erősnek, szignifikánsnak a korreláció. A program ezeket meg is jelöli nekünk. Ebben a dolgozatban csak lineáris összefüggésekre kerestem rá, mert ez a leggyakoribb, de nem zárható ki másféle (exponenciális, logaritmikus) összefüggés sem az adatsorok között.

Elsőként külön megvizsgáltam az egy pontban és egy napon mért adatsorokat. Mind az Eh, pH, Tvíz (talajvíz-hőmérséklet) és vaskoncentráció-adatokat, mind pedig a vonatkozó mikroklíma-állomás adatsorainak összefüggését ábrázolta a program egy korrelációs mátrixban, és megjelölte a szignifikáns kapcsolatokat. Ehelyett átböngésztem a mátrixokat, és megszámláltam, hogy az egyes változópárookra összesen hány szignifikáns korreláció jutott. Úgy gondoltam, hogy ha van kapcsolat két változó között, akkor a korrelációs mátrixokban minél több szignifikáns korreláció fog megjelenni az adott kapcsolatra, bármelyik pontban. A normalitásvizsgálathoz

hasonlóan itt is először naponként külön, majd összesítve használtam az adatokat. Az összes eredményt együtt az 5. táblázatban ábrázoltam. Magyarázat az ábrához:

- Az átlós tengelytől felfelé van a naponként külön kiszámított korrelációk szignifikáns kapcsolatainak száma. A háttér a beírt számok nagysága szerint van színezve. A kék háttérű részben van a talajvíz-jellemzők egymás közti, illetve a mikroklíma-adatokkal való szignifikáns korrelációinak száma. Az okker jelöli a mikroklíma-adatok egymás közti kapcsolatait.
- Az átlós tengelytől lefelé található az összesített változók szignifikáns korrelációinak számai. A megosztás ugyanaz: a lila háttér a talajjellemzők és mikroklíma értékek egymás közti kapcsolatait vázolja fel, a narancsszínű pedig ismét csak a mikroklíma-jellemzőket mutatja egymás között.
- Az aláhúzott számok jelentik a negatív korrelációt, a pirosak azokat az eseteket, amikor negatív és pozitív szignifikáns korrelációt is kaptam ugyanarra a változópárra. A sima fekete és fehér értékek a pozitív korrelációt jelölik, utóbbiak a sötétebb háttérű mezőkön. A fehér mezőkön értelemszerűen nincs szignifikáns korreláció.

	Eh	pH	T víz	Fe	T talaj	T 5 cm	T 100 cm	PAR	Párolgás	Szélút
Eh		1	4	1	2	2	4			1
pH	2		4	3	6	4	3	2	1	1
T víz	1	4		3	5	4	4	1	2	1
Fe	1	1	2		2	2		1		2
T talaj	2	4	4	2		3	5	1	2	2
T 5 cm	2	3	3		1		5	5	1	2
T 100 cm	1	3	2		1	2		2	4	3
PAR		1	3		1	1	2		1	
Párolgás	6	1				2	2			4
Szélút	1				1	2	2			

5. táblázat: A szignifikáns korrelációk
(magyarázat a szövegben)

- A kék mezőben látható értékek összesen 21 mátrix eredményeként jöttek létre. Tehát ha két változó minden nap és minden mérőpontnál szignifikánsan korrelált volna, 21 lenne a megfelelő rácshálóba írva. A mikroklíma adatoknál (okker) más a helyzet, mivel ott naponta kétféle (egy nyílt és egy mocsári) adatsorral dolgoztunk, tehát a maximális érték 6 lenne.

- A lila mezőben a három nap összesített adatsorairól van szó, így a maximális érték 7 lehetett volna. A narancssárga mezőben pedig 2, hiszen a három nap adatsoraiból csináltam egyet, tehát a harmadára csökkent az eredményhalmaz.

Vizsgáljuk meg először a piros számok (változó előjelű korrelációk) elhelyezkedését a korrelációs mátrixban. Egy kivétellel az összes a kék mezőben található. A váltakozó előjelnek lehetne értelme, ha pl. ragaszkodna egy növényzeti folthoz, vagy naphoz az előjel (pl. negatív korreláció mindig az M8 pontnál van), de az előjelek váltakozásában semmilyen szabályosságot nem sikerült felismernem. Ezért ezekből a változó-párokból egyelőre nem lehet következtetést levonni.

A kék zóna maximális értékei alacsonyak a lehetséges maximumhoz (21) képest. A többi mező értékei sokkal jobban megközelítik a maximálisat. Így az 1-2 korrelációt számláló változó-párokkal nem lehet mit kezdeni. A 4-5-öt számlálókat viszont érdemes megemlíteni. Ezek közül kettő a talajvíz-hőmérséklet és a talaj- illetve talajfelszín hőmérsékletének kapcsolatát jelzi, amelyre számítani lehetett, különös, hogy miért nem több a szignifikáns kapcsolat. A harmadik a pH és a talajfelszín hőmérséklete közti *negatív* kapcsolatot jelez. Ahogy láthatjuk, a pH-nak a kék és lila mezőben is többnyire negatív korrelációival találkozhatunk. Ez arra utal, hogy a klimatikus változások ezt a paramétert a növényzet révén erősen érintik, de fordított arányban.

A lila zóna korrelációit megvizsgálva érdekes, hogy milyen sok van, ahhoz képest, ahány korreláció a kék zónában volt. Arányosan ebben a mezőben 1-2 korrelációnak kellene lézengenie, ám emellett, hogy szinte nincs „kevert” korreláció, több rubrika egészen megközelíti a maximális 7-es értéket. Kiemelkedő az Eh – Párolgás páros, amely 6 esetben korrelált szignifikánsan pozitívan (csak az M8-as pontnál nem). Ráadásul a naponkénti összesítésben egyszer sem. Úgy tűnik, hogy a korreláció csak nagyobb léptékben mutatható ki a két változó között, a kis napi ingadozások nem követik egymást. Viszonylag erős még a pH negatív összefüggése a hőmérsékletekkel, amely tulajdonképpen egybevág a kék zóna megállapításaival, tehát a naponkénti korrelációkkal. A vártak megfelelően itt is kimutatható a talajvíz-hőmérséklet és a többi hőmérsékletek összefüggése. Mindegyik magasságban mért hőmérséklettel jobb összefüggést mutattak a belső-mocsárban mért vízhőmérsékletek, mint az M8-as, M1-es, M5-ös pontban mértek.

Várható volt, hogy a mikroklimatikus tényezők jól kapcsolódnak egymáshoz. Ez igazolódott is, főleg a hőmérsékletek között erős az összefüggés mind a naponkénti, mind az egyesített verzióban. Ezen kívül feltűnik a PAR és a párolgás jó korrelációja a hőmérsékletekkel, szintén mindkét vizsgálati módban. Egyik sem meglepő, hiszen a PAR, bár csak a 400-700 nm közötti hullámhosszú sugárzást jelenti, nyilvánvalóan arányos a teljes napsugárzással, azaz a melegítést okozó infravörös sugárzással is. A párolgás intenzitása pedig a hőmérséklet növekedésével nő. Előzetesen elvárható, hogy a szél erőssége is kapcsolatban áll a párolgással, hiszen minél kevésbé telített a levegő vízgőzzel, annál gyorsabb a párolgás. Érdekes, hogy ez csak a naponkénti vizsgálati módnál jelenik meg, az összesítetttnél nem.

3.4. A pH és Eh kapcsolata

A bevezetőben leírt szakirodalmi adatok közül az egyik fontos szabály volt a redoxpotenciál pH-függése (pH-csökkenéskor egységenként 55-65 mV-tal nő az Eh, tehát negatív korrelációt várunk). A korrelációs táblázatból leolvasható, hogy ezen két változó ritkán mutat szignifikáns kapcsolatot mind a naponkénti, mind az összesített verzióban. És ráadásul az összefüggések mind pozitívak. Megállapíthatjuk, hogy a laboratóriumi körülmények között feltárt összefüggés itt nem létezik, vagy nem olyan, mint az elvárt. Az átlagok és szórások fejezetben pont egy ilyen fordított összefüggést láthattunk az M2-es pont értékeinek június 30-i viselkedéséből. Ekkor, valószínűleg a növényzet hatására egyszerre nőtt meg hirtelen a pH, az Eh és a talajvíz hőmérséklete is. A korrelációk elmaradásáért is a növényzet lehet a felelős.

3.5. A vas és az Eh kapcsolata

A bevezetőben említett redoxrendszerek legfontosabbika a $\text{Fe}^{3+} \rightarrow \text{Fe}^{2+}$ rendszer a mocsárrét területén. Az Eh csökkenésével jobbra tolódik az egyensúly, azaz a Fe^{2+} felszaporodik a közegben, a vasredukáló szervezetek fellendülő anyagcseréje miatt. Az érdekessége a rendszernek az, hogy a Fe^{3+} vízben nem oldható vegyületeket képez, míg a Fe^{2+} azonnal megjelenik az oldatban is. Tehát érthető, hogy az Eh csökkenésével nagyobb vastartalmat várunk a talajvíz-mintákban, azaz negatív korrelációt a megfelelő változók között. Ám sajnos elég kevés a szignifikáns korreláció a változó-pár esetében mind a napokat külön, mind együtt tekintve. És egyszer sem negatív. A jelenség oka lehet, hogy mivel mintavételezés csak három óránként történt, az adatmennyiség a vas, mint változó esetében maximum 5 volt naponta. A korreláció pedig adatpárokat vizsgál,

így az Eh-értékek közül is hozzávetőlegesen csak minden harmadikat. Valószínűleg ez lehet az oka a negatív korreláció hiányának. Érdeemes lenne sűrűbben mintavételezni, mert, ezekből az eredményekből azt sem lehet teljes bizonyossággal kijelenteni, hogy a területen valami különleges hatás módosítja a jelenséget.

3.6. Hasonló foltok kimutatása korreláció-vizsgálattal

A korábbi átlagok és szórások fejezetben az Eh, pH-értékek átlagai alapján már egyszer megkíséreltem besorolni a pontokat nagyobb csoportokba. Korrelációvizsgálattal is meg lehet ezt tenni, feltételezve, hogy a pontok azonos értékei (tehát az Eh-k, hőmérsékletek) a hasonló körülmények között hasonlóan fognak viselkedni. A korrelációs mátrixokat csak az összesített adatsorokkal készítettem el, így tudom őket mellékelni is. [2. melléklet]

Az Eh-k esetében a program szinte mindenhol talált szignifikáns kapcsolatot. Az M8-as pont érdekes, amely a többivel negatív összefüggést mutat. Két esetben nincs korreláció, ezek pedig az M1-M6 és az M6-M8 páros (csak a redoxpotenciál szempontjából!). Teljesen érthető a korreláció hiánya az előzetes feltevések szerint, hiszen az M6-os pont szinte a mocsár közepén volt, a másik kettő pedig nyílt részen. Inkább az a kérdéses, hogy akkor az M3-as, és M7-es pontok miért korrelálnak ezekkel mégis.

A pH összefüggések már kicsit gyérebben fordulnak elő. Észrevehető, hogy a szomszédos pontok értékei kapcsolatban állnak egymással (kivéve az M1-M2 pontot). Ezen túl a hasonló környezet (mocsár belseje, széle, nyílt terület) csak a mocsári pontoknál jelent pH-összefüggést is (M3-M6-M7), de pl. az M8-M1 pontok között nincs szignifikáns kapcsolat. Igaz, hogy ugyanakkor mindkettőnek van kapcsolata az M5-ös ponttal.

A legmeggyőzőbb a harmadik, vízhőmérsékleteket ábrázoló mátrix. A mocsári folt pontjai egyértelműen kapcsolódnak egymáshoz, legerősebben az M6-M7 és M3-M7 párok. Érdekes, hogy az M1 hőmérsékleti változásaival egyik másik ponté sem korrelál.

4. Összefoglalás, hibalehetőségek, további tervek

4.1. Összefoglalás

- A növényzet típusa szerint az M1-M4 (sásos), és az M2-M3 (nádas), M5-M6-M7 (árnyékolt nádas) pontok tartoznak össze szorosabban. A korrelációs vizsgálatok ezt némiképp árnyalják (amellett, hogy az M4-es pont sajnos kiesett). Eszerint az M3-M6-M7 pont igen hasonló értékeket és ezek változásait mutatta. Ehhez a csoporthoz kapcsolódik kissé „távolabbról” az M2-es pont is. A másik transzektben ennek a pontnak leginkább az M5-ös felelne meg, ugyanakkor ez nem látszik a korrelációs mátrixokon. Sok szempontból kilóg az M5-ös pont a többi közül. Sorozatosan magas pH-értékeket és alacsony hőmérsékleteket mértünk, miközben a redoxpotenciál itt a mocsárrét viszonylatában közepes és kiegyenlített értékeket hozott. Feltűnt, hogy ez a legiszaposabb kút, nehéz volt a mintavétel innen, utána pedig egy napig hagyni kellett ülepedni a szemcséket, hogy lehessen analizálni. Az M8-as pont különbözött a legjobban a többitől, ahogyan azt várni is lehetett. Olykor mégis hasonlóságot lehetett kimutatni közte és az M1-es, M5-ös pont között. A M1 pont mellől is nagyon hiányzott az M4-es, így ez is egyedülálló „viselkedésűnek” mondható, pedig változói valószínűleg a réti és mocsári növényzet közti átmenetet tükrözik.
- A statisztikai vizsgálatok célja az volt, hogy összefüggéseket állapítson meg az egy ponthoz tartozó változók, illetve ugyanazon változók között több pontban. Sajnos a túl kisszámú adatsokaság nem tette lehetővé, hogy egyértelműen megállapítsunk kapcsolatokat, nem volt olyan korreláció, amely minden egyes pontban és napon, vagy legalább az esetek többségében fennállt volna. Ezért összesítettem a három nap adatait és együtt vizsgáltam őket. Meglepően sok összefüggésre derült fény a naponkénti külön vizsgálatokhoz képest. Ezek között van megbízható, és van kevésbé megbízható, de összességében az állapítható meg, hogy a kutakban mért hőmérséklet-értékek és a mikroklimatikus hőmérséklet-értékek között összefüggés van, azaz a **mikroklima-állomások párosítása a mérési pontokkal elfogadható**. Érdekesen erős összefüggés van a **párolgás és a redoxpotenciál között**, ugyanakkor ez kicsit kérdőjeles is, mert a naponkénti vizsgálat nem mutatta ki egyetlen esetben sem. **A vas koncentrációja a talajvízben a triviálisan elvárhatóval ellentétben nem**

mutatott kapcsolatot a redoxpotenciál változásával, a rossz mintavétel miatt. A növényzet erős módosító hatását jelzi, hogy a területen **nem áll fenn a redoxpotenciál és a kémhatás fordított aránya**. Hogy pontosan milyen kapcsolat áll fenn, azt későbbi kutatás feladata eldönteni.

Zárszóként elmondható, hogy a redoxpotenciál változásával legerősebben korreláló párolgás révén igazából a többi mikroklíma-elem, azaz a párolgást befolyásoló PAR és szélút, illetve a hőmérséklet együtt határozza meg áttételesen az Eh értékét és dinamikáját. Ezzel sikerült igazolni a kezdőfeltevést, mely szerint a növényzet által közvetített mikroklimatikus tényezők állnak a talajjellemzők változásának hátterében.

4.2. Hibalehetőségek

A mérést minden nap más hallgatókból álló csoport végezte, így minden nap újra meg kellett tanulni a módszert, és ki kellett alakítani a leghatékonyabb stratégiát. Ez a napok elején csúszásokhoz vezetett. Pl. június 30-án a „10 órás” mérés az M1 pontnál igazából 10:50-kor történt, így gyakorlatilag közelebb volt 11 órához, mint 10-hez. Ezért maradt ki a 10 órás eredmény aznap. [1. melléklet] Július 3-án egyszerűen kimaradt az első, 7 órás mérés, mert 7:48 perckor jutott el a csoport az M1 kút méréséig, ez pedig közelebb van időben a 8 órához, mint a 7-hez. Az elemzések során próbáltam a valóságnak minél megfelelőbben kezelni az adatokat, ám ezen lehetne még tökéletesíteni, pl. a pontos idők használatával, amelyek rendelkezésre állnak.

A mintavétel Eijkelkamp típusú golyós talajvíz-mintavevővel történt, amelynek működési elve az, hogy a vízbe eresztve a hidrosztatikai nyomás miatt a víz alulról „felnyomja” a golyót és beszívárog a mintavevőbe. Kivételkor pedig már csak a vízoszlop nyomja felülről, így elzárja a kijáratot. Hátránya ennek a működési elvnek az, hogy nagyon felkeveri a megmintázandó vizet, így egyes légnemű összetevők eltávozhatnak belőle. Más probléma vele az, hogy kicsit is iszaposabb vízben nem zár jól, és nem is engedi be a vizet olyan jól. Ez főleg az M5-ös pontnál okozott problémát. Előnye azonban, hogy könnyen kezelhető és nehezen elrontható, nem úgy, mint az üvegelektrodás pH és Eh-mérők.

A két mikroklíma-állomással kapcsolatos problémákat már vázoltam korábban: nagyon érzékenyek, így eső, vagy más drasztikus időjárási esemény egy egész napi mérést

tönkretehet. Az eredmények alapján az is látható, hogy nem biztos, hogy elég a két állomás egy ilyen terepen. A legjobb az lenne, ha minden fúrás mellé lehetne állítani egy-egy állványt a műszerekkel, de ha ezt nem is lehet, legalább még egyet javasolnék betenni a mocsárszélre, az M1-es, (M2-es) és M5-ös pontok jobb megértése érdekében.

Az elemzésekre rátérve, fontos elgondolkodni azon, hogy van-e létjogosultsága a három nap változóinak értékeit összevonni, egy adatsorrá tenni. Az egyik probléma az, hogy az egyes napok mérései között másfél nap szünet van, így nem folytonosak az adatsoraink. Könnyen elképzelhető olyan eset, amikor naponként szépen korrelálnak a változók, de összesítve már sokkal kevésbé. Ugyanakkor a megnövelt adatsokaság nagyobb biztonságú eredményt tud adni, mint a harmad akkora. Ezért végül mégis vizsgáltam az összesített adatsorokat is, de a látott kapcsolatokat fenntartással kell kezelni. Az egyes statisztikai módszerekkel kapcsolatos problémákat a módszerek leírásakor már vázoltam.

Az adatok egyébként is alaposabb statisztikai elemzésre szorulnak. A korrelációknál talán érdemes lenne összesíteni az egy pontban, de több napon mért értékeket, illetve megvizsgálni a nem szignifikáns korrelációkat is. És természetesen a nem lineáris összefüggések eshetőségének is utána kell menni. Létezik több olyan módszer is, amelyet most nem alkalmaztam, de talán volna értelme (pl. hierarchikus klaszteranalízis, a változók erősségi sorrendjének megállapítása érdekében). Illetve szeretném bővíteni az elemzést a 2008-ban mért adatsorokkal, amelyek ugyan csak egy napot jelentenek, mégis kár volna, ha elvesznének. Volna lehetőség más helyszínek hasonló mocsarainak adataival való összehasonlítására is.

5. Köszönetnyilvánítás

Ezúton szeretném köszönetemet kifejezni a dolgozat elkészültében nyújtott segítségért témavezetőmnek, Szalai Zoltánnak. Köszönöm a türelmet és a biztatást családomnak, valamint a statisztikai elemzéshez nyújtott segítséget édesapámnak és férjemnek.

6. Felhasznált irodalom

DUŠEK, J.– PICEK, T.– ČÍŽKOVÁ, H. 2008: Redox potential dynamics in a horizontal subsurface flow constructed wetland for wastewater treatment: Diel, seasonal and spatial fluctuations. – *Ecological Engineering* 34. pp. 223–232.

FILEP GY. – FÜLEKY GY. 1999: Redoxi folyamatok a talajban – In: Stefanovits P. (szerk.): Talajtan – Mezőgazda Kiadó, Budapest. pp. 120–125.

STEFANOVITS P. 1999: A tájak talajviszonyai – In: Stefanovits P. (szerk.): Talajtan – Mezőgazda Kiadó, Budapest. p. 410.

WIESSNER, A.– KAPPELMEYER, U.– KUSCHK, P.– KÄSTNER, M. 2005: Influence of the redox condition dynamics on the removal efficiency of a laboratory-scale constructed wetland. – *Water research* 39. pp. 248-256.

Shapiro-Wilk teszt: <http://dittami.gmxhome.de/shapiro/>

A Magyar Köztársaság Helységnévtára 2009.:

http://portal.ksh.hu/pls/portal/cp.hnt_telep?NN=20640

KVVM Természetvédelmi Információs Rendszer: <http://geo.kvvm.hu/tir>

1. melléklet: Nyers adatok

2009. június 30.

Idő	pH1	Eh1	Tvíz1	Fe1	pH2	Eh2	Tvíz2	Fe2	pH3	Eh3	Tvíz3	Fe3	pH5	Eh5	T5	Fe5
7:00	7,08	62	14,8	0,48	7,08	-33	16,5	4,8	7,01	-99	17	0,87	7,62	-16	15,4	0,11
8:00	6,93	8	15,4		7,07	-92	16,4		7,01	-154	17		7,2	-13	13,7	
9:00	6,9	11	15,5		7,21	-53	16,5		7,11	-111	16,9		7,31	-28	13,6	
10:00				0,22				0,37				1,61				0,41
11:00	7,07	30	15,8		8,35	-31	17,5		7,32	-116	19,9		7,31	-4	14,3	
12:00	6,85	27	15,5		9,08	-37	17,8		7,21	-113	19,9		7,14	10	13,9	
13:00	7,37	25	16	0,55	7,18	-44	17,7	0,16	7,22	-102	22,5	0,19	7,15	11	15	0,28
14:00	6,92	26	15,8		7,08	-99	16,8		7,13	-118	17,9		7,1	4	14,2	
15:00	6,88	21	15,9		7,07	-58	17,3		7,21	-111	23		7,23	-6	14,5	
16:00	7,01	24	16,2	0,06	7,11	-59	17,9	0,08	7,16	-113	22,5	4,7	7,21	-2	15,4	0,06
17:00	6,9	24	15,8		7,13	-103	17,5		7,14	-103	19,9		7,18	-8	14,9	
18:00	6,91	30	16		7,15	-94	17		7,06	-103	19,7		7,65	10	17,4	
19:00	6,88	21	15,9	0,18	7,08	-74	17,8	0,12	7,12	-107	22,4	0,31	7,13	-8	14,6	0,09

Idő	pH6	Eh6	Tvíz6	Fe6	pH7	Eh7	Tvíz7	Fe7	pH8	Eh8	Tvíz8	Fe8
7:00	7,19	-173	15,6	0,25	7,18	-131	16,7	0,76	6,95	-11	16,6	0,21
8:00	7,25	-147	15,7		7,17	-147	16,9		6,85	-13	16,4	
9:00	7,2	-130	15,5		7,23	-136	17,4		7,14	1	18,1	
10:00				0,39				5				0,74
11:00	7,23	-98	16		7,22	-125	17,7		6,83	-14	16,8	
12:00	7,22	-110	16,6		7,14	-125	18		6,79	-7	16,8	
13:00	7,27	-93	17,1	0,25	7,14	-116	18,8	6,1	6,82	-7	17	0,03
14:00	7,23	-124	15,3		7,1	-128	17,6		6,75	-4	16,4	
15:00	7,16	-97	17,6		7,09	-120	21,4		6,75	1	16,7	
16:00	7,22	-99	19,4	0,04	7,08	-128	21	6,7	6,74	-12	16,8	0,05
17:00	7,2	-104	17,3		7,15	-136	20		6,67	-15	17,1	
18:00	7,13	-123	16,7		7,04	-138	19,2		6,76	-11	18	
19:00	7,11	-103	17,6	0,05	7,07	-136	19,8	6,1	7,02	-10	17,4	0,13

2009. július 1.

Idő	pH1	Eh1	Tvíz1	Fe1	pH2	Eh2	T2	Fe2	pH3	Eh3	Tvíz3	Fe3	pH5	Eh5	Tvíz5	Fe5
7:00	7,45	50	15,7	0,04	7,14	-26	17,5	0,072	7,38	-85	13,8	0,15	7,53	-13	14,3	0,21
8:00	7,46	9	16,6		6,97	-20	17,6		7,23	-68	19,2		7,61	-14	14,4	
9:00	6,75	12	15,7		7,04	-17	17,8		7,11	-108	19,5		7,44	10	15,1	
10:00	6,76	11	16,3	0,11	6,97	-44	17,5	0,21	7,2	-114	23,4	0,1	7,1	-29	14,2	0,06
11:00	6,77	14	16		6,94	-47	17,5		7,12	-113	25,6		6,97	-33	14,1	
12:00	6,94	15	16		6,97	-66	17,2		7,18	-115	26,8		7,1	-4	14,6	
13:00	6,72	18	16,3	0,06	6,95	-42	17,7	0,08	7,02	-96	23,6	0,37	6,53	-25	14,4	0,1
14:00	6,95	14	15,6		7,01	-69	17,3		7,02	-107	23,5		7,12	-15	13,8	
15:00	6,87	11	15,5		6,98	-64	17,9		7,17	-123	27,8		7,2	-21	14,5	
16:00	6,98	17	16,1	0,07	6,97	-55	17,4	0,08	6,99	-104	20,9	0,28	7,03	-17	14,5	0,13
17:00	6,82	18	16,1		6,95	-48	17,6		6,98	-92	20,7		7,15	-20	13,8	

Idő	pH6	Eh6	Tvíz6	Fe6	pH7	Eh7	Tvíz7	Fe7	pH8	Eh8	Tvíz8	Fe8
7:00	7,9	-90	16,9	0,32	7,19	-126	17	0,53	6,82	13	16,7	0,02
8:00	6,99	-101	16,8		7,03	-109	17,3		6,7	-14	16,9	
9:00	7,05	-90	17,1		7,03	-140	17,6		6,64	-14	16,6	
10:00	7,09	-105	17,1	0,21	7,07	-130	18,6	6,5	6,63	-8	16,7	0,03
11:00	6,98	-121	17,2		6,98	-141	19		6,63	-23	16,7	
12:00	7	-96	16,5		6,97	-140	19,4		6,65	-26	16,2	
13:00	7,03	-88	18,1	0,04	6,99	-117	19,4	6,5	6,64	-2	17	0,03
14:00	7,05	-110	21,6		7,01	-122	21,4		6,66	-9	16,6	
15:00	7,06	-101	18,2		7	-113	22,5		6,68	-14	16,9	
16:00	7,05	-100	18,5	0,4	6,98	-115	22,4	3,5	6,68	-1	17,2	0,03
17:00	7,05	-87	17,3		6,98	-125	21,9		6,73	-22	17	

2009. július 3.

idő	pH1	Eh1	Tvíz1	Fe1	pH2	Eh2	Tvíz2	Fe2	pH3	Eh3	Tvíz3	Fe3	pH5	Eh5	Tvíz5	Fe5
8:00	6,68	15	15,7	0,16	6,73	-94	17,8	0,04	6,69	-183	19,5	1,19	6,98	-62	14,1	0,04
9:00	6,85	-22	15,8		6,86	-160	17,8		6,91	-175	19,7		7,09	-52	13,5	
10:00	7,02	-46	15,8	0,09	6,87	-136	17,6	0,05	7,04	-161	20	1,53	7,17	-57	14,4	0,05
11:00	6,89	-12	16		6,93	-148	17,7		7,04	-156	19,3		6,83	-40	14	
12:00	6,8	-11	15		6,87	-154	17,1		6,85	-160	19		6,96	-33	13,5	
13:00	6,87	-16	15,5	0,06	6,97	-117	17,7	3,18	7,1	-134	20,7	2,13	8,2	-26	15	0,05
14:00	7,33	-7	15,7		7,01	-116	17,6		7,01	-152	18,6		7,73	-31	14,3	
15:00	7,51	-18	18,1		7,01	-86	17,3		7,06	-153	19,5		7,09	-40	13,5	
16:00	6,91	-22	16,3	0,11	6,97	-90	17,9	0,23	6,99	-136	21	3,14	7,13	-14	13,4	0,02
17:00	6,9	-20	15,7		6,92	-88	17,8		7,02	-126	21,2		7,26	-19	13,9	

idő	pH6	Eh6	Tvíz6	Fe6	pH7	Eh7	Tvíz7	Fe7	pH8	Eh8	Tvíz8	Fe8
8:00	6,88	-189	18	0,16	6,97	-188	18,4	2,47	6,82	13	17	0,02
9:00	6,93	-174	17,8		6,98	-168	19,1		6,81	-6	16,3	
10:00	7,18	-168	17,9	0,25	7,08	-161	20,4	3,36	7,02	4	17,5	0,02
11:00	6,79	-181	17,9		6,7	-160	19,8		6,83	11	17,6	
12:00	7,07	-180	18,5		6,96	-132	19,3		6,88	18	17	
13:00	8,2	-99	15	0,83	7,19	-149	19,3	4,74	7,18	21	17,1	0,01
14:00	7,34	-142	18		7,2	-156	18,9		7,23	-5	16,1	
15:00	6,98	-80	18,1		6,91	-138	19,5		6,95	9	16,5	
16:00	7,2	-135	17,8	0,37	7,04	-148	19,3	2,78	7,04	0	16,2	0
17:00	7,12	-121	17,2		7,18	-153	19,2		7,18	12	16,6	

2. melléklet: Összesített Eh, pH és talajvíz-hőmérséklet korrelációs mátrixai

		Correlations						
		EH1	EH2	EH3	EH5	EH6	EH7	EH8
EH1	Pearson Correlation	1,000	,675	,661	,588	,317	,522	-,407
	Sig. (2-tailed)		,000	,000	,000	,072	,002	,019
	N	33	33	33	33	33	33	33
EH2	Pearson Correlation	,675	1,000	,788	,537	,652	,645	-,459
	Sig. (2-tailed)	,000		,000	,001	,000	,000	,007
	N	33	33	33	33	33	33	33
EH3	Pearson Correlation	,661	,788	1,000	,673	,697	,802	-,461
	Sig. (2-tailed)	,000	,000		,000	,000	,000	,007
	N	33	33	33	33	33	33	33
EH5	Pearson Correlation	,588	,537	,673	1,000	,580	,618	-,442
	Sig. (2-tailed)	,000	,001	,000		,000	,000	,010
	N	33	33	33	33	33	33	33
EH6	Pearson Correlation	,317	,652	,697	,580	1,000	,683	-,333
	Sig. (2-tailed)	,072	,000	,000	,000		,000	,058
	N	33	33	33	33	33	33	33
EH7	Pearson Correlation	,522	,645	,802	,618	,683	1,000	-,356
	Sig. (2-tailed)	,002	,000	,000	,000	,000		,042
	N	33	33	33	33	33	33	33
EH8	Pearson Correlation	-,407	-,459	-,461	-,442	-,333	-,356	1,000
	Sig. (2-tailed)	,019	,007	,007	,010	,058	,042	
	N	33	33	33	33	33	33	33

** Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

* Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

Correlations								
		PH1	PH2	PH3	PH5	PH6	PH7	PH8
PH1	Pearson Correlation	1,000	,048	,414	,362	,261	,214	,230
	Sig. (2-tailed)	,	,789	,016	,038	,142	,233	,198
	N	33	33	33	33	33	33	33
PH2	Pearson Correlation	,048	1,000	,453	,058	,140	,359	-,034
	Sig. (2-tailed)	,789	,	,008	,747	,438	,040	,853
	N	33	33	33	33	33	33	33
PH3	Pearson Correlation	,414	,453	1,000	,263	,382	,379	-,203
	Sig. (2-tailed)	,016	,008	,	,139	,028	,030	,257
	N	33	33	33	33	33	33	33
PH5	Pearson Correlation	,362	,058	,263	1,000	,690	,563	,443
	Sig. (2-tailed)	,038	,747	,139	,	,000	,001	,010
	N	33	33	33	33	33	33	33
PH6	Pearson Correlation	,261	,140	,382	,690	1,000	,640	,412
	Sig. (2-tailed)	,142	,438	,028	,000	,	,000	,017
	N	33	33	33	33	33	33	33
PH7	Pearson Correlation	,214	,359	,379	,563	,640	1,000	,416
	Sig. (2-tailed)	,233	,040	,030	,001	,000	,	,016
	N	33	33	33	33	33	33	33
PH8	Pearson Correlation	,230	-,034	-,203	,443	,412	,416	1,000
	Sig. (2-tailed)	,198	,853	,257	,010	,017	,016	,
	N	33	33	33	33	33	33	33

* Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

** Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

Correlations

		TVIZ1	TVIZ2	TVIZ3	TVIZ5	TVIZ6	TVIZ7	TVIZ8
TVIZ1	Pearson Correlation	1,000	,261	,174	-,103	,208	,188	-,083
	Sig. (2-tailed)	,	,142	,333	,569	,245	,294	,647
	N	33	33	33	33	33	33	33
TVIZ2	Pearson Correlation	,261	1,000	,400	-,052	,413	,390	-,097
	Sig. (2-tailed)	,142	,	,021	,775	,017	,025	,592
	N	33	33	33	33	33	33	33
TVIZ3	Pearson Correlation	,174	,400	1,000	,073	,368	,611	-,110
	Sig. (2-tailed)	,333	,021	,	,686	,035	,000	,544
	N	33	33	33	33	33	33	33
TVIZ5	Pearson Correlation	-,103	-,052	,073	1,000	-,164	,018	,357
	Sig. (2-tailed)	,569	,775	,686	,	,362	,921	,042
	N	33	33	33	33	33	33	33
TVIZ6	Pearson Correlation	,208	,413	,368	-,164	1,000	,643	-,078
	Sig. (2-tailed)	,245	,017	,035	,362	,	,000	,667
	N	33	33	33	33	33	33	33
TVIZ7	Pearson Correlation	,188	,390	,611	,018	,643	1,000	,143
	Sig. (2-tailed)	,294	,025	,000	,921	,000	,	,427
	N	33	33	33	33	33	33	33
TVIZ8	Pearson Correlation	-,083	-,097	-,110	,357	-,078	,143	1,000
	Sig. (2-tailed)	,647	,592	,544	,042	,667	,427	,
	N	33	33	33	33	33	33	33

* Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

** Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).